

# Inhaltsverzeichnis

Vorwort der Herausgeber .....	3
Abkürzungsverzeichnis .....	16
<b>1 Grundelemente des Systems Bahn und Konsequenzen für die Systemgestaltung .....</b>	<b>23</b>
<b>1.1 Systembestandteile und Wirkungsmechanismen .....</b>	<b>23</b>
<b>1.2 Interdependenzen der Teilsysteme .....</b>	<b>25</b>
1.2.1 Kontaktpunkt Rad/Schiene .....	25
1.2.2 Zugbildung und Infrastruktur .....	26
1.2.3 Sicherheit .....	27
1.2.4 Fahrplan und Betriebsführung .....	27
<b>1.3 Systemelemente und Schnittstellen .....</b>	<b>28</b>
1.3.1 Regelungsnotwendigkeit .....	28
1.3.2 Zuständigkeiten .....	30
1.3.3 Maßgebende Gesetze .....	30
1.3.4 Ausführungsbestimmungen der EVU/EIU .....	31
<b>2 Die Entwicklung der Bahn in Deutschland .....</b>	<b>32</b>
2.1 Die Wurzeln in England und Deutschland .....	32
2.2 Eisenbahnen in Deutschland bis 1914 .....	33
2.3 Die Zeit 1914 – 1945 .....	37
2.4 Entwicklungen 1945 – 1993 .....	40
2.4.1 Die Aufteilung der Bahn in Deutschland .....	40
2.4.2 Die Deutsche Reichsbahn der DDR .....	40
2.4.3 Die Deutsche Bundesbahn und ihr Umfeld .....	41
2.5 Von der Dampfeisenbahn zum InterCity-System .....	42
2.6 F&E für die Rad/Schiene-Technologie .....	45
2.7 Netzausbau (NBS/ABS) und Hochgeschwindigkeitsverkehr .....	48

<b>2.8</b>	<b>Die Deutsche Bahn AG entsteht .....</b>	<b>49</b>
2.8.1	Bahnreform und Wiedervereinigung .....	49
2.8.2	Die zweite Stufe der Bahnreform .....	51
<b>2.9</b>	<b>Strecken Neubau, Ausbaustrecken, neue Züge .....</b>	<b>52</b>
<b>2.10</b>	<b>Rationalisierung und Verkehrserfolge; Statistischer Überblick .....</b>	<b>55</b>
<b>3</b>	<b>Systemeigenschaften der Eisenbahn und Vergleich mit dem System Straße .....</b>	<b>62</b>
<b>3.1</b>	<b>Systemtechnische Aspekte von Bahnen .....</b>	<b>62</b>
<b>3.2</b>	<b>Systemeigenschaften der Eisenbahn im Vergleich .....</b>	<b>65</b>
3.2.1	Führen und Fahren; Kapazität der Verkehrswege .....	65
3.2.2	Traktion, Energieverbrauch und Nachhaltigkeit .....	67
3.2.3	Fahrdynamik .....	68
3.2.4	Trassierung und Anpassung an das Gelände .....	70
3.2.5	Geschwindigkeit und Sicherheit .....	72
3.2.6	Lärm: Vergleich Schiene/Straße .....	73
<b>4</b>	<b>Regelungen im Bahnsystem .....</b>	<b>76</b>
<b>4.1</b>	<b>Regelungsgrundsätze.....</b>	<b>76</b>
4.1.1	Regelungsbedarf .....	76
4.1.2	Struktur der Regelungen .....	77
4.1.3	Verantwortung für das Einhalten der Regelungen .....	80
<b>4.2</b>	<b>Europäische Gesetzgebung und Regelwerke .....</b>	<b>80</b>
<b>4.3</b>	<b>Eisenbahngesetzgebung und Regelungen in Deutschland.....</b>	<b>84</b>
4.3.1	AEG und EBO.....	84
4.3.2	Zuständigkeiten des EBA.....	84
4.3.3	Sonstige Regelwerke .....	85
<b>5</b>	<b>Verkehrsmärkte.....</b>	<b>86</b>
<b>5.1</b>	<b>Personenverkehr.....</b>	<b>86</b>
5.1.1	Organisatorische Rahmenbedingungen .....	86
5.1.2	Marktforschung .....	88
5.1.3	Modellierung der Verkehrsnachfrage .....	90
5.1.4	Der Verkehrsmarkt in Deutschland und Europa .....	101
5.1.5	Bundesverkehrswegeplan und Deutschlandtakt.....	103

<b>5.2</b>	<b>Güterverkehrsmärkte</b> .....	<b>106</b>
5.2.1	Prognosen im Güterverkehr .....	106
5.2.2	Verkehrserzeugung und -verflechtung .....	108
5.2.3	Verkehrsteilung (Verkehrsmittelwahl, Modal Split) .....	110
5.2.4	Verkehrsumlegung .....	114
5.2.5	Datenquellen.....	117
<b>6</b>	<b>Anforderungen an das System Bahn und Konsequenzen für die Strategie</b> .....	<b>119</b>
6.1	Ausgangssituation und Randbedingungen .....	119
6.2	Verkehrspolitische Ziele .....	123
6.3	Die Digital- und Technikstrategie der DB .....	124
6.4	Sektororganisationen .....	131
6.5	Umsetzung .....	134
<b>7</b>	<b>Grundlagen des Rad/Schiene-Systems und Wirkungsmechanismen</b> .....	<b>148</b>
7.1	Spurführungstechnik .....	148
7.1.1	Kräfte zwischen Rad und Schiene.....	148
7.1.2	Spurführungsprinzip Radsatz .....	157
7.1.3	Stabilitätsverhalten des Radsatzes .....	165
7.1.4	Bogenlaufverhalten des Radsatzes .....	168
7.1.5	Spurführungsprinzip Losrad .....	174
7.1.6	Verhalten von Fahrzeugen.....	175
7.1.7	Bogenlaufverhalten .....	179
7.1.8	Fahrtechnische Prüfung zur Zulassung von Schienenfahrzeugen .....	180
7.2	Fahrdynamik der Zugfahrt.....	182
7.2.1	Grundlagen.....	182
7.2.2	Mechanische Modellbildung.....	182
7.2.3	Eigenschaften der Infrastruktur und weitere Randbedingungen .....	185
7.2.4	Berechnungsverfahren .....	186
7.2.5	Anwendungsbeispiele .....	187
7.3	Zugkräfte und Widerstände .....	192

<b>7.4</b>	<b>Bremstechnik und Bremsdynamik .....</b>	<b>200</b>
7.4.1	Aufgaben und Randbedingungen.....	200
7.4.2	UIC-Druckluftbremse – Wirkprinzip .....	201
7.4.3	Bremsbetrieb .....	203
7.4.4	Zugdynamik.....	205
7.4.5	Bremsprobe.....	207
7.4.6	Regelwerke und Normen .....	209
<b>7.5</b>	<b>Bahnenergieversorgung .....</b>	<b>210</b>
7.5.1	Nutzung der elektrischen Energie zur Fortbewegung.....	211
7.5.2	Warum 16,7 Hz?.....	212
7.5.3	Zentrale und dezentrale Energieversorgung .....	214
7.5.4	Spannungen für Bahnanwendungen .....	218
7.5.5	Bahnstromleitungen 110 kV/16,7 Hz.....	219
7.5.6	Automatisierung der Betriebsführung .....	223
7.5.7	Regulierung und Entflechtung des Bahnstromnetzes aufgrund der Liberalisierung von Energie- und Eisenbahnmärkten.....	225
7.5.8	Traktionsenergie und Klimawandel .....	226
<b>7.6</b>	<b>Aerodynamik .....</b>	<b>230</b>
7.6.1	Aerodynamik der freien Strecke .....	230
7.6.2	Tunnelaerodynamik .....	234
<b>7.7</b>	<b>Luftschall und Erschütterungen aus dem Schienenverkehr .....</b>	<b>238</b>
7.7.1	Schallemission und Schallausbreitung.....	238
7.7.2	Rollgeräusche und Rad/Schiene-Dynamik .....	240
7.7.3	Maßnahmen an der Quelle .....	242
7.7.4	Maßnahmen am Ausbreitungsweg gegen Schall und Erschütterungen .....	246
7.7.5	Akustische Effekte bei schnellfahrenden Zügen.....	248
7.7.6	Akustische Auswirkung von Mikrodruckwellenerscheinungen im Tunnel .....	249
7.7.7	Sonstige Quellen.....	251
7.7.8	Ausblick.....	252
<b>8</b>	<b>Angebots-, Betriebs- und Kapazitätsplanung .....</b>	<b>254</b>
<b>8.1</b>	<b>Begriffe, Ziele.....</b>	<b>254</b>
8.1.1	Angebotsplanung .....	254
8.1.2	Betriebsplanung.....	255
8.1.3	Fahrplan .....	256
8.1.4	Kapazitätsmanagement .....	257

<b>8.2</b>	<b>Angebotsplanung im Schienenpersonenverkehr .....</b>	<b>258</b>
8.2.1	Anforderungen des Markts an die Angebotserstellung .....	258
8.2.2	Planungsschritte .....	260
8.2.3	Planung von Netzen für den Schienenpersonenverkehr.....	261
8.2.4	Planung des Angebotsnetzes im Fernverkehr.....	262
8.2.5	Linienplanung .....	263
8.2.6	Fahrpläne für Nahverkehrslinien .....	264
8.2.7	Systematische und nicht systematische Fahrplanarten.....	265
8.2.8	Fahrplanoptimierung .....	270
8.2.9	Berücksichtigung der Nachfrage und Fahrzeugeinsatzplanung.....	273
<b>8.3</b>	<b>Angebotssysteme im Eisenbahngüterverkehr .....</b>	<b>276</b>
8.3.1	Formen des Eisenbahngüterverkehrs .....	276
8.3.2	Ganzzüge .....	277
8.3.3	Einzelwagenverkehr .....	277
8.3.4	Kombinierter Verkehr .....	279
<b>8.4</b>	<b>Netzfahrplan.....</b>	<b>283</b>
8.4.1	Rechtliche Rahmenbedingungen .....	283
8.4.2	Prozess der Netzfahrplanerstellung .....	283
8.4.3	Trassenbestellung .....	284
<b>8.5</b>	<b>Technik der Fahrplanerstellung.....</b>	<b>285</b>
8.5.1	Fahrplankonstruktion .....	285
8.5.2	Zeitanteile im Fahrplan .....	286
8.5.3	Fahrplanstörfestigkeit.....	288
8.5.4	Fahrplanleistungsfähigkeit .....	289
<b>8.6</b>	<b>Darstellungsformen des Fahrplans.....</b>	<b>290</b>
<b>8.7</b>	<b>Kapazitätsplanung.....</b>	<b>293</b>
8.7.1	Langfristfahrplan – die verkehrlichen und betrieblichen Anforderungen an die Infrastruktur .....	293
8.7.2	Deutschlandtakt.....	294
8.7.3	Kundenwünsche und Systematisierung im Schienengüterverkehr .....	295
8.7.4	Leistungsfähigkeitsuntersuchungen .....	297
8.7.5	Grundlagen der eisenbahnbetriebswissenschaftlichen Verfahren .....	299
8.7.6	Level of Service – Bewertung der Qualität .....	301
8.7.7	Verfahrensfamilien und Methoden .....	303
<b>8.8</b>	<b>Infrastrukturdimensionierung .....</b>	<b>307</b>
8.8.1	Streckenleistungsfähigkeit.....	307
8.8.2	Untersuchung von Knoten .....	308

8.8.3	Netzleistungsverhalten .....	312
8.8.4	Eisenbahnbetriebswissenschaftliche Untersuchungen in den Planungsphasen .....	314
<b>9</b>	<b>Infrastruktur .....</b>	<b>317</b>
<b>9.1</b>	<b>Entwurfsgrundlagen .....</b>	<b>317</b>
9.1.1	Querschnittsgestaltung .....	317
9.1.2	Linienführung .....	332
<b>9.2</b>	<b>Bahnanlagen .....</b>	<b>337</b>
9.2.1	Bahnanlagen und Betriebsstellen .....	337
9.2.2	Streckengestaltung nach Verkehrsaufkommen und Verkehrsarten .....	338
9.2.3	Netz- und Streckengestaltung.....	347
9.2.4	Gestaltung der Bahnhöfe .....	356
9.2.5	Personenbahnhöfe.....	366
9.2.6	Knoten des Güterverkehrs .....	371
<b>9.3</b>	<b>Infrastrukturprojekte – Regelungen, Finanzierung, Planfeststellung, Bau, Inbetriebnahme und deren Überwachung.....</b>	<b>384</b>
9.3.1	Grundsätzliche Regelungen, EU-Richtlinien und Zuständigkeiten .....	384
9.3.2	Finanzierung der Infrastruktur.....	389
9.3.3	Planungsrechtliche Zulassungsentscheidungen .....	394
9.3.4	Planung, Bau und Inbetriebnahme von Infrastrukturprojekten.....	405
9.3.5	Bau- und Betriebsüberwachung .....	417
<b>9.4</b>	<b>Die Fahrbahn und ihre Komponenten.....</b>	<b>422</b>
9.4.1	Schienen .....	422
9.4.2	Schienenbefestigungen (Stützpunkte) .....	431
9.4.3	Schwellen .....	434
9.4.4	Schotteroberbau als Standard .....	436
9.4.5	Feste Fahrbahn.....	437
9.4.6	Fahrzeug-Fahrweg-Wechselwirkung .....	440
9.4.7	Weichen .....	441
<b>9.5</b>	<b>Instandhaltung des Fahrwegs.....</b>	<b>446</b>
9.5.1	Grundlagen.....	446
9.5.2	Gleisinstandhaltung.....	447
9.5.3	Instandhaltung von Brücken und Tunneln.....	462
9.5.4	Instandhaltung der Erdbauwerke.....	464
9.5.5	Instandhaltung der Anlagen der Leit- und Sicherungstechnik (LST) .....	465
9.5.6	Instandhaltung der Oberleitungsanlagen .....	468
9.5.7	Fahren und Bauen – Baubetriebsplanung .....	470

<b>9.6</b>	<b>Brücken und Tunnel auf Neubaustrecken .....</b>	<b>472</b>
9.6.1	Brücken.....	472
9.6.2	Tunnel.....	480
9.6.3	Brücken und Tunnel auf der NBS VDE 8 .....	483
<b>9.7</b>	<b>Bahnübergänge .....</b>	<b>495</b>
<b>9.8</b>	<b>Oberleitung und Stromabnehmer .....</b>	<b>500</b>
9.8.1	Anforderungen an das System Stromabnehmer – Oberleitung .....	502
9.8.2	Kontaktkraft .....	504
9.8.3	Fahrleitungs- und Stromabnehmermaterial.....	506
9.8.4	Geometrische Anforderungen an die Stromabnehmerwippe .....	508
9.8.5	Oberleitungsgeometrie und Fahrdrachtlage.....	512
9.8.6	Fazit.....	514
<b>9.9</b>	<b>Building Information Modeling (BIM) .....</b>	<b>515</b>
9.9.1	Was ist BIM? .....	515
9.9.2	Technische Grundlagen von BIM-Modellen .....	516
9.9.3	Organisatorische Grundlagen von BIM.....	517
9.9.4	Anwendung von BIM bei der Eisenbahninfrastrukturplanung .....	519
<b>10</b>	<b>Schienenfahrzeuge.....</b>	<b>521</b>
<b>10.1</b>	<b>Anforderungen an Schienenfahrzeuge .....</b>	<b>521</b>
10.1.1	Interoperabilität und Zulassung .....	521
10.1.2	Minderung des CO <sub>2</sub> -Ausstoßes.....	521
10.1.3	Zuverlässigkeitsanforderungen.....	526
<b>10.2</b>	<b>Kennzeichen moderner Schienenfahrzeuge und Komponenten.....</b>	<b>528</b>
10.2.1	Modularisierung .....	528
10.2.2	Drehstromantrieb und Leistungselektronik.....	528
10.2.3	Fahrwerke.....	530
10.2.4	Zug- und Stoßeinrichtungen.....	539
10.2.5	Bremsen .....	545
10.2.6	Klimaanlage .....	558
10.2.7	Toilettensysteme .....	561
10.2.8	Einstiegtüren .....	562
<b>10.3</b>	<b>Fahrzeugbeispiele .....</b>	<b>565</b>
10.3.1	Lokomotivfamilie Vectron .....	565
10.3.2	Elektrischer Triebwagen Giruno.....	567
10.3.3	Doppelstock-Triebwagenzug RABe 514 (S-Bahn Zürich).....	570
10.3.4	Güterwagen.....	571

<b>10.4</b>	<b>Tram-Train-Fahrzeuge .....</b>	<b>574</b>
<b>10.5</b>	<b>Fahrzeugzugang zur Eisenbahninfrastruktur .....</b>	<b>577</b>
<b>10.6</b>	<b>Instandhaltung von Fahrzeugen .....</b>	<b>584</b>
10.6.1	Grundlagen.....	584
10.6.2	Grundlagen der Instandhaltung.....	586
10.6.3	Zielsetzung .....	588
10.6.4	Regeln und Normen.....	592
10.6.5	Methoden .....	594
10.6.6	Anlagen der Instandhaltung .....	598
<b>10.7</b>	<b>Betriebswerke für ICE-Züge.....</b>	<b>600</b>
<b>11</b>	<b>Betriebsführung, Leit- und Sicherungstechnik .....</b>	<b>607</b>
<b>11.1</b>	<b>Regelung und Sicherung der Zugfolge.....</b>	<b>607</b>
11.1.1	Abstandsregelung im signalgeführten Betrieb.....	608
11.1.2	Abstandsregelung im anzeigegeführten Betrieb.....	616
11.1.3	Zugfolgesicherung .....	619
<b>11.2</b>	<b>Fahrwegsicherung .....</b>	<b>626</b>
11.2.1	Begriff der Fahrstraße .....	626
11.2.2	Verschließen der Fahrwegelemente.....	628
11.2.3	Fahrstraßenausschlüsse .....	631
11.2.4	Flankenschutz.....	631
11.2.5	Sicherung der Durchrutschwege.....	632
11.2.6	Stellwerksbauformen .....	634
<b>11.3</b>	<b>Zugbeeinflussung .....</b>	<b>635</b>
11.3.1	Punktförmige Zugbeeinflussung.....	635
11.3.2	Linienförmige Zugbeeinflussung.....	638
11.3.3	ETCS.....	640
<b>11.4</b>	<b>Betriebsverfahren .....</b>	<b>645</b>
11.4.1	Einteilung der Betriebsverfahren nach der Art der Zulassung der Zugfahrten .....	645
11.4.2	Einteilung der Betriebsverfahren nach der Struktur der Fahrdienstleitung.....	646
11.4.3	Rückfallebenen .....	648
11.4.4	Besonderheiten .....	650
11.4.5	Durchführen von Rangierfahrten.....	652
<b>11.5</b>	<b>Betriebsleittechnik.....</b>	<b>653</b>
11.5.1	Zuglaufverfolgung .....	653
11.5.2	Zuglenkung.....	654



<b>12</b>	<b>Sicherheit.....</b>	<b>658</b>
<b>12.1</b>	<b>Sicherheitsphilosophie, Risikoakzeptanz und Sicherheitsmanagement .....</b>	<b>658</b>
12.1.1	Was ist Sicherheit – und wie sicher ist sicher genug? .....	658
12.1.2	Sicherheit der technischen Teilkomponenten des Eisenbahnsystems: Maßstäbe der Risikoakzeptanz .....	659
12.1.3	Sicherheit der sozialen Teilkomponenten des Eisenbahnsystems: Führung, Lenkung und Koordination der Organisation in Bezug auf Sicherheitsaktivitäten .....	662
12.1.4	Einbettung in einen überlagerten Regelkreis der behördlichen Aufsicht.....	665
<b>12.2</b>	<b>Bahnunfälle, Risikoanalyse und Sicherheitsmaßnahmen .....</b>	<b>667</b>
12.2.1	Statistik der Bahnunfälle.....	667
12.2.2	Beispiele für Bahnunfälle .....	669
12.2.3	Risikoanalyse .....	671
12.2.4	Tunnel-Sicherheitskonzept .....	672
12.2.5	Weitere Sicherheitsmaßnahmen .....	674
<b>13</b>	<b>Interoperabilität .....</b>	<b>675</b>
<b>13.1</b>	<b>Begriffsbestimmung .....</b>	<b>675</b>
<b>13.2</b>	<b>160 Jahre interoperabler Bahnbetrieb in Europa .....</b>	<b>675</b>
<b>13.3</b>	<b>Entwicklung des internationalen Hochgeschwindigkeitsverkehrs (HGV) .....</b>	<b>677</b>
<b>13.4</b>	<b>Eisenbahnnetze für Europa.....</b>	<b>682</b>
<b>13.5</b>	<b>Das Europäische Vertragswerk; TEN und Interoperabilität .....</b>	<b>685</b>
<b>13.6</b>	<b>TSI: AEIF, ERA und die TSI .....</b>	<b>689</b>
<b>13.7</b>	<b>Normen.....</b>	<b>691</b>
<b>13.8</b>	<b>Eine neue Bahnwelt in Europa .....</b>	<b>691</b>
<b>14</b>	<b>HGV-Systeme weltweit.....</b>	<b>694</b>
<b>14.1</b>	<b>HGV-Netze in Ostasien und Europa.....</b>	<b>694</b>
14.1.1	Übersicht .....	694
14.1.2	Japan .....	695
14.1.3	Südkorea.....	699
14.1.4	Taiwan .....	701
14.1.5	China.....	703
14.1.6	Europa – ein Überblick.....	708
14.1.7	Frankreich.....	710

14.1.8	Großbritannien .....	711
14.1.9	Spanien .....	715
14.1.10	Italien .....	717
14.1.11	Deutschland .....	720
<b>14.2</b>	<b>Hochgeschwindigkeitsfahrzeuge.....</b>	<b>730</b>
14.2.1	Von Marienfelde bis zum RS/VD.....	730
14.2.2	Die ICE-Serienzüge.....	733
14.2.3	Der ICE 3 – Plattform für Velaro-Züge (Siemens) .....	739
14.2.4	Internationale Entwicklungen neuer Hochgeschwindigkeitszüge.....	741
14.2.5	ICE 4, eine neue Zugbaureihe für die DB.....	745
<b>15</b>	<b>Bahnen besonderer Art .....</b>	<b>749</b>
<b>15.1</b>	<b>S-Bahn-Systeme in Deutschland.....</b>	<b>749</b>
15.1.1	Entstehungsgeschichte.....	749
15.1.2	Systemeigenschaften der S-Bahn.....	752
15.1.3	Tarife, Verkehrsverbünde und Finanzierung .....	755
15.1.4	Weitere S-Bahn-Systeme in Deutschland.....	757
<b>15.2</b>	<b>Berg- und Seilbahnen.....</b>	<b>761</b>
15.2.1	Zahnradbahnen .....	762
15.2.2	Standseilbahnen .....	768
15.2.3	Seilschwebbahnen.....	772
<b>16</b>	<b>Ausblick .....</b>	<b>776</b>
<b>16.1</b>	<b>Verkehr und Betrieb.....</b>	<b>776</b>
<b>16.2</b>	<b>Technische Subsysteme.....</b>	<b>778</b>
	<b>Herausgeber .....</b>	<b>781</b>
	<b>Autoren .....</b>	<b>782</b>
	<b>Stichwortverzeichnis .....</b>	<b>786</b>
	<b>Inserentenverzeichnis .....</b>	<b>800</b>